

Rapport de projet : Minifusée ARÈS



Club : Eclipse

Établissement : Lycée LA TRINITÉ

Campagne : C'SPACE 2024

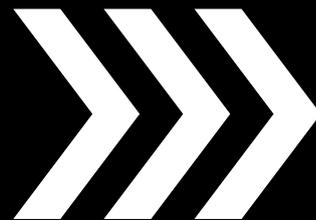
Année : 2023-2024

Matricule : MF44



SOMMAIRE :

- 1- Le club Eclipse
- 2- Présentation du projet Arès
- 3- La mécanique du projet Arès
- 4- L'électronique du projet Arès
- 5- Le C'SPACE 2024
- 6- Le vol
- 7- L'analyse des données & résultats
- 8- Conclusion
- 9- Remerciements



I - Le club Eclipse

Fondé en 2022 par un petit groupe de lycéens, le club Eclipse a pour objectif principal de réaliser des projets scientifiques comme la fabrication de minifusées et de ballons sondes. Le club a eu la chance de participer au C'Space 2023 et de faire voler deux minifusées (Apogée et Δ'Ship).

Cette année, le club comptabilise 21 participants, de la seconde à la terminale, répartis sur les différents projets et encadrés par deux professeurs référents.

Nous avons pu constituer un budget à partir des fonds qui nous ont été alloués par l'association des parents d'élèves du lycée mais aussi au niveau national. Nous l'avons principalement dépensé dans l'achat d'une imprimante 3D, d'une Dremel et de l'outillage en tout genre car notre lycée ne possédait pas le matériel nécessaire.

Liste des membres Eclipse 2023-2024 :

Bourbon Marie-Angéline
Boudet Maximilien
Casares Mathis
D'Antoni Sarah
Duchesne Simon
Dupuy-Rosso Emma
Durand Elie
Gabanyi Bence
Georges Edouard
Gibbins Zack
Guiraud Jérémie
Kerridge Poppy (chef de projet - Naérobi)
Larroche Marien
Lunel Arthur
Mayer Emma
Molina Annette
Pasturel Romain (chef de projet - Arès)
Quemeneur Juliette
Soares Bastien
Vicaire Enzo
Zorzi Simon

II - Présentation du projet Arès

Le projet Arès est l'une de nos deux minifusées réalisées cette année. Ce projet est similaire en plusieurs points à notre seconde minifusée Naérobi, qui sera plusieurs fois évoquée dans ce rapport.

Le C'Space 2023 nous a beaucoup enrichi et nous a permis d'avoir une première expérience dans la conception de minifusées. Nos deux vols se sont soldés par des vols balistiques (une torche pour Apogée et une ouverture prématurée de la trappe contenant le parachute due à un faux-contact au niveau du jack pour Δ Ship). Nous avons donc à cœur de réaliser cette année au moins un vol nominal. Les projets Arès et Naérobi sont donc dans la continuité de nos précédents projets.

Notre minifusée Arès possède un intérêt expérimental. En effet, nous souhaitons mesurer l'effet Doppler à l'aide d'un puissant émetteur embarqué dans la minifusée et enregistrer le son à l'aide d'un micro au niveau de la tente « pupitre ». Nous avons également ajouté un altimètre afin d'obtenir l'altitude de la fusée ainsi qu'une caméra embarquée pour filmer le vol.

III - La mécanique du projet Arès

A) Matériaux

Grâce à un budget plus conséquent que l'an dernier, nous avons eu plus de choix en termes de matériaux. Nous recherchions des matériaux légers, résistants et simples à façonner.

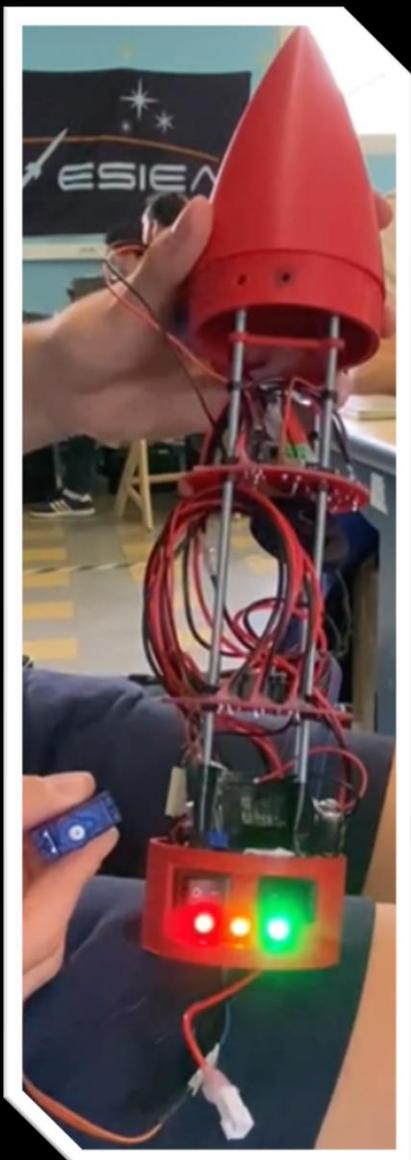
Nous avons choisi pour le corps de la fusée un tube de PVC de diamètre 80mm et d'épaisseur 1,5mm. Plusieurs éléments circulaires comme les bagues de retenue moteur, la commande d'allumage et l'épaulement de la coiffe permettent au tube de garder une forme circulaire car il avait tendance à se déformer à cause de sa faible épaisseur.

Pour les ailerons, nous avons choisi du contreplaqué 5mm. Nous avons découpé les ailerons à l'aide d'une scie à onglet.

Concernant les autres pièces de la fusée que sont la coiffe, la commande d'allumage, la trappe et sa porte ainsi que le support jack et les bagues moteurs, nous les avons conçues à l'aide d'un logiciel de CAO et nous les avons usinées à l'aide de notre imprimante 3D. Nous les avons tout d'abord prototypées en PLA puis nous avons opté pour du PETG pour les pièces finales, un filament qui résiste mieux à la température et qui est plus résistant.

B) CAO et design de la fusée

Pour la conception mécanique de la minifusée, nous avons réutilisés des méthodes que nous avons employés l'an dernier. Le tube de la fusée est une peau porteuse et les éléments sont fixés à l'aide d'époxy (sauf pour la coiffe et la commande d'allumage, reliées entre elles par des tiges filetées qui servent aussi à maintenir l'électronique en place dans la fusée).



Le bloc électronique est composé de deux PCB fixés grâce à des tiges filetées et des écrous. Les tiges sont fixées dans la coiffe ainsi que sur la commande d'allumage.

La commande d'allumage est composée de deux interrupteurs (séquenceur et système expérience) et de trois LED témoin d'état : la LED verte signifie que le séquenceur est allumé et est en attente du décollage, la LED rouge signifie que le jack est débranché et que la minuterie du séquenceur est enclenchée et la LED jaune signifie que le servomoteur a libéré la porte de la trappe.

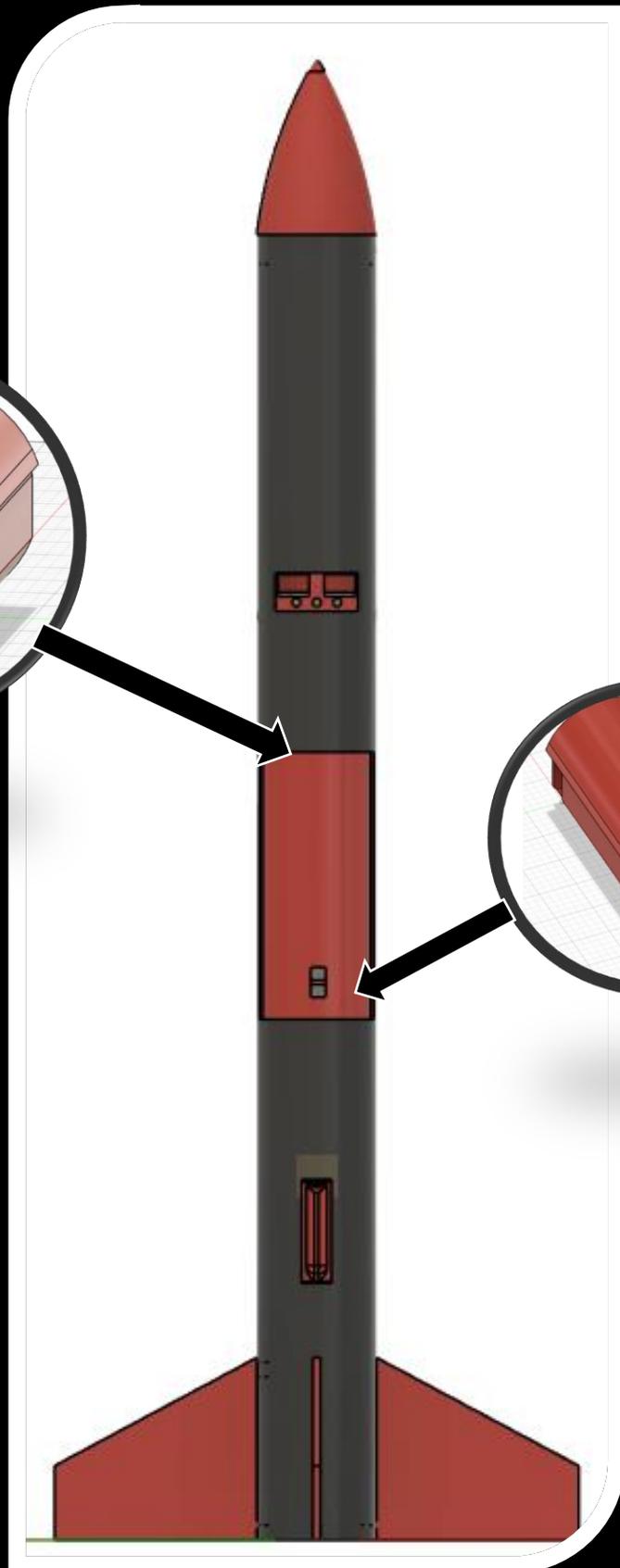
Coiffe : Elle permet de stocker les deux piles 9V qui alimentent le séquenceur et la carte expérience. Cela permet également de rehausser le centre de masse de la fusée.

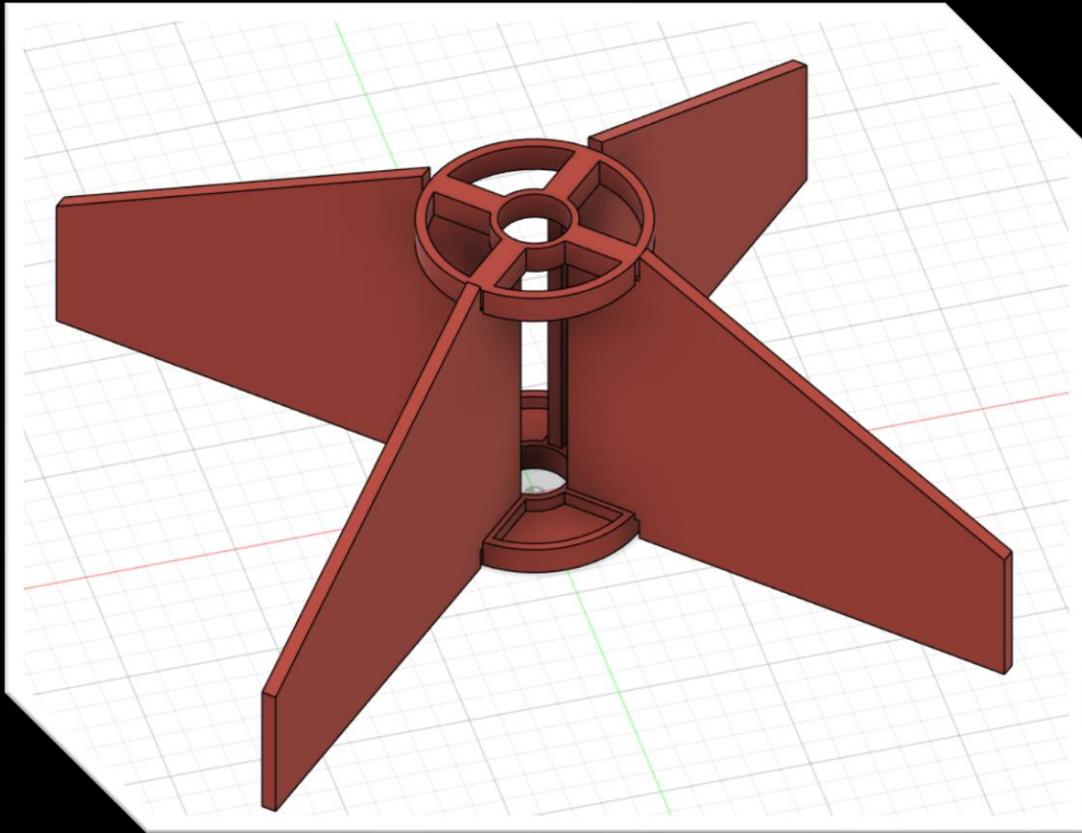


Trappe parachute : ce bloc est constitué de plusieurs pièces dont l'attache parachute (barre visible sur la bulle de droite). Un ressort (non visible ici) fait pression sur la porte de la trappe afin que l'éjection soit franche. Tout ceci est retenu par un servo moteur fixé à la trappe.



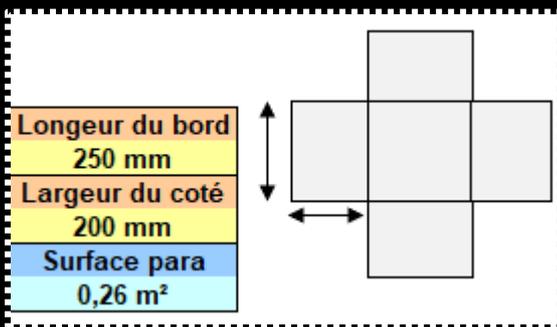
Support Jack et support caméra : ces pièces collées au corps de la fusée permettent de maintenir en place la partie femelle du jack ainsi que la caméra embarquée (fixée de l'autre côté).





Les ailerons sont encastrés dans le corps de la fusée et aligné grâce à des fentes dans les bagues moteurs. L'ensemble est collé avec de l'époxy.

C) Parachute



Le modèle de parachute que nous avons choisi est le parachute en forme de croix pour faciliter sa réalisation. Nous avons utilisé de la toile de parachute et du fil de couture résistant pour le confectionner.

8 cordes reliées à un émerillon forment les suspentes du parachute. L'émerillon fait ensuite le lien à la fusée à l'aide d'une corde du même type que celle des suspentes.



IV - L'électronique du projet ARÈS

Le système électrique d'ARÈS se divise en 2 parties :
le système « primaire » et le système « secondaire ».

1. Le système primaire

Le système primaire a pour objectif principal d'assurer l'ouverture de la trappe du parachute, mais également l'activation des LEDs et buzzers qui communiquent son état actuel, afin que nous ou les pyrotechniciens puissions intervenir en cas de mauvais fonctionnement avant le décollage.

Le fonctionnement de la trappe :

Pour contrôler l'ouverture et la fermeture de la trappe du parachute, nous avons mis en place un système de loquet attaché à un servomoteur, pouvant ainsi bloquer ou débloquer la trappe selon sa position.

Déclenchement de l'ouverture avec le Jack :

Une fois le code du servomoteur étant fonctionnel, nous avons rajouté un système de Jack modifié, qui agirait comme un capteur déclenchant un compte à rebours pour l'ouverture de la trappe une fois débranché.

Lors du décollage de la fusée, une extrémité du Jack reste sur la fusée, tandis que l'autre reste attaché à la cage de lancement, le débranchant.



Déroulement de l'ouverture (capteurs et signaux) :

La totalité du système primaire peut être allumé avec un interrupteur intégré sur le côté de la fusée.

1. Une fois le système allumé, il est autonome et attend le signal du Jack.
 - Pendant ce temps, une **LED verte** clignote doucement ainsi qu'un buzzer pour nous indiquer que le système est sous tension en attente du débranchement du jack.
2. Lors du décollage le Jack se débranche, le compte à rebours commence alors. (la durée celui-ci est calculée en fonction de l'apogée de la fusée).
 - Une **LED jaune** clignotera maintenant rapidement et le buzzer s'accélère pour nous indiquer que la trappe va s'ouvrir.

Ceci est important car si on entend ce changement de vitesse lorsque la fusée est au sol, cela nous indique qu'il y a un problème et nous ne devons pas lancer la fusée.

3. Enfin, une fois le compte à rebours fini, la trappe s'ouvre et le parachute se déploie.
 - Une **LED rouge** s'allume alors et le buzzer émet un son continu.

2. Le système secondaire

Le système secondaire est le système contenant les expériences.

Nous avons décidé de mettre un altimètre afin d'avoir une idée sur la vitesse/trajectoire de notre fusée. Les données de celui-ci étaient traitées par le microcontrôleur Nano Arduino et stockées dans une carte SD.

Nous avons également mis à bord un Buzzer puissant qui émettait un son continu à partir du décollage, et un micro au niveau de la tente pour enregistrer l'effet doppler du Buzzer à bord de la fusée.

De plus nous avons installé une caméra dans la fusée (indépendante du système électronique) qui a filmé le vol (visuel et audio), ainsi qu'une caméra au sol pour obtenir un deuxième angle du décollage.

Tout ceci nous a permis d'obtenir : non seulement les vidéos du vol, mais les fichiers audios qui étaient très intéressants car en plus de l'effet doppler du Buzzer puissant, nous pouvons remarquer les clignotements prévus du buzzer appartenant au système primaire.

3. Les schémas et codes

Nous avons préparé de nombreux codes au cours de ce projet jusqu'à arriver aux codes finaux de système primaire (identique pour les deux fusées) et systèmes secondaires indépendants. Ainsi que des codes pour tester les LEDs, les différents buzzers et le bon fonctionnement du Jack.

- Voici le code (Arduino) du système primaire ainsi que son schéma correspondant :

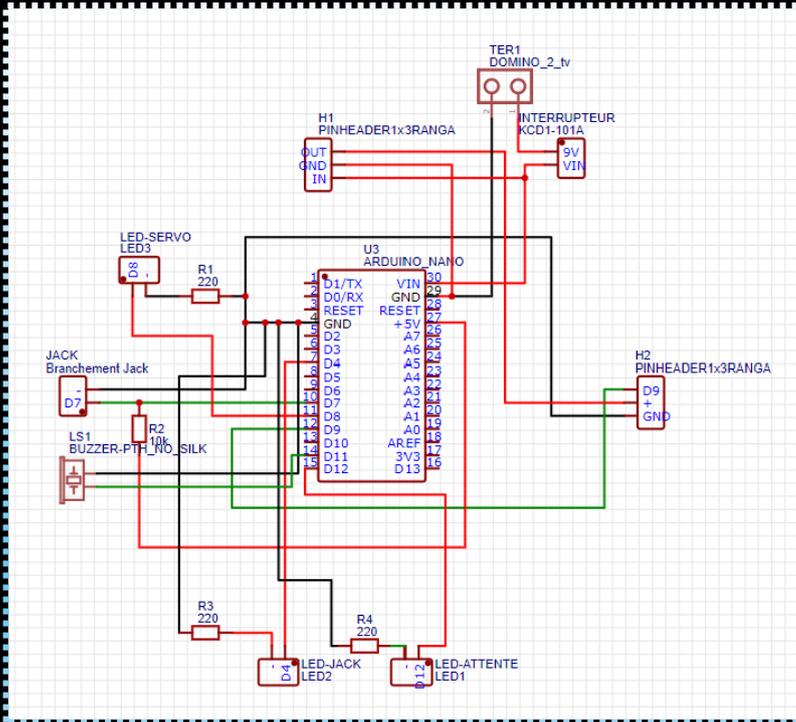
```
Systeme_primaire_ARES_check3
1 //-----SERVO LED-----
2 //LED rouge - jack débranché - 12
3 //LED jaune - SERVO P2 - 4
4 //LED verte - ATTENTE - 8
5
6 //
7 //CODE WITH EFFICIENT LED BLINKING + BUZZER + SERVO + JACK --> all good !
8 //
9
10 // !!! ADD REAL DELAY TIME !!!
11 // change LED
12 // change LED
13
14 //-----ARES-----
15
16
17
18 Servo Motor Control using the Arduino Servo Library
19 by Dean, https://www.scribd.com
20
21 #include <Servo.h>
22
23 Servo myservo; // create servo object to control a servo
24
25 //-----REAL PARACHUTE DELAY-----
26 int delayApopee = 4400; // temps pour arriver à l'apogée en ms
27
28 //-----SERVO ANGLES-----
29 int ServoP1 = 10; // angle servo en position 1
30 int ServoP2 = 110; // angle servo en position 2
31
32 int JACK = 7;
33
34 //LED & BUZZER & DELAY variables
35 unsigned long delayStartTime;
36 unsigned long blinkStartTime;
37 unsigned long buzzerStartTime;
38 bool delayActive = false;
39 bool ledState = false;
40 bool buzzerState = false;
41 const unsigned long delayDuration = delayApopee; // delay entre lancement et parachute !!!!! & changer selon les prédictions
42 const unsigned long blinkInterval = 100; // delay de clignotement
43 const unsigned long buzzerInterval1 = 500; // delay de buzzer clignot SLOW
44 const unsigned long buzzerInterval2 = 100; // delay de buzzer clignot FAST
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
```

```
56 void setup() {
57
58 //-----SERVO SETUP-----
59 myservo.attach(9,600,2300); // (pin, min, max)
60 myservo.write(ServoP1); // Position P1 SERVO trappe fermée
61
62
63 //-----LED SETUP-----
64 pinMode(4, OUTPUT); // SET LED as output
65 pinMode(12, OUTPUT); // SET LED as output
66 pinMode(8, OUTPUT); // SET LED as output
67
68 digitalWrite(12,LOW); // LED n°1 - ATTENTE (system is ready and waiting)
69 digitalWrite(4,LOW); // LED n°2 - JACK (off if JACK in, blink cycle if JACK out) - rouge clignote
70 digitalWrite(8,HIGH); // LED n°3 - SERVO (to be added) - verte
71
72
73 //-----JACK SETUP-----
74 pinMode(JACK, INPUT);
75 Serial.begin(9600);
76
77 //-----BUZZER SETUP-----
78 pinMode(11, OUTPUT); // SET BUZZER as output
79
80 }
81
82
```

```
87 void loop() {
88
89 unsigned long currentMillis = millis(); // constantly get active time read for millis function
90
91
92
93 Serial.print("CurrentMillis: ");
94 Serial.print(currentMillis);
95 Serial.print(", delayStartTime: ");
96 Serial.print(delayStartTime);
97 Serial.print(", delayDuration: ");
98 Serial.println(delayDuration);
99 Serial.print(", Delay count: ");
100 Serial.println(currentMillis - delayStartTime);
101
102
103
104 //-----BUZZER SLOW BLINK-----
105 if (currentMillis - buzzerStartTime >= buzzerInterval){ //check toggle timer for when over interval
106 buzzerStartTime = currentMillis; // buzzer 'last toggle' timer resets
107 buzzerState = !buzzerState; //toggle buzzer state
108 digitalWrite(11, buzzerState ? HIGH : LOW); // Set buzzer based on buzzerState
109 }
110
111
112
113 //-----JACK CONDITION-----
114 int JACKState=digitalRead(JACK); // prep JACK condition
115 if (JACKState == HIGH) { // JACK condition detected
116
117 if (!delayActive) { // Only set delayStartTime once when delayActive is false
118 delayStartTime = currentMillis; // Record start time of delay
119 delayActive = true; // The timer has started
120 }
121 }
122 else{
123 delayActive = false;
124 }
125
```

```
128 //-----Handle delay and Action-----
129 if (delayActive){ //----- timer has started
130
131 if (currentMillis - delayStartTime >= delayDuration){ // function for when delay is passed
132 digitalWrite(4,HIGH);
133 // delayActive = false; //---> timer has ended
134
135 //-----SERVO activation-----
136 myservo.write(ServoP2); // Position P2 SERVO trappe ouverte
137 //-----LED 1 stuck for end-----
138 digitalWrite(8,HIGH); //LED n°1 for JACK Timer stays on, because timer is over
139 //-----BUZZER stuck for end-----
140 digitalWrite(11,HIGH); //Buzzer stays on, because timer is over
141 }
142
143 else{ //-----while we're still in timer-----
144 //-----LED Blinking-----
145 if (currentMillis - blinkStartTime >= blinkInterval){ //check toggle timer for when over interval
146 blinkStartTime = currentMillis; // LED 'last toggle' timer resets
147 ledState = !ledState; //toggle LED state
148 digitalWrite(12, ledState ? HIGH : LOW); // Set LED based on ledState
149
150 //-----BUZZER FAST BLINK-----
151 if (currentMillis - buzzerStartTime >= buzzerInterval2){ //check toggle timer for when over interval
152 buzzerStartTime = currentMillis; // buzzer 'last toggle' timer resets
153 buzzerState = !buzzerState; //toggle buzzer state
154 digitalWrite(11, buzzerState ? HIGH : LOW); // Set buzzer based on buzzerState
155 }
156 }
157 }
158 }
159 }
160 }
161 }
162 }
163 }
164 }
165 }
```

Le code est assez long car nous devons créer des conditions par rapport au débranchement du jack, et rajouter diverses boucles pour les différents clignotements des LEDs et du Buzzer.

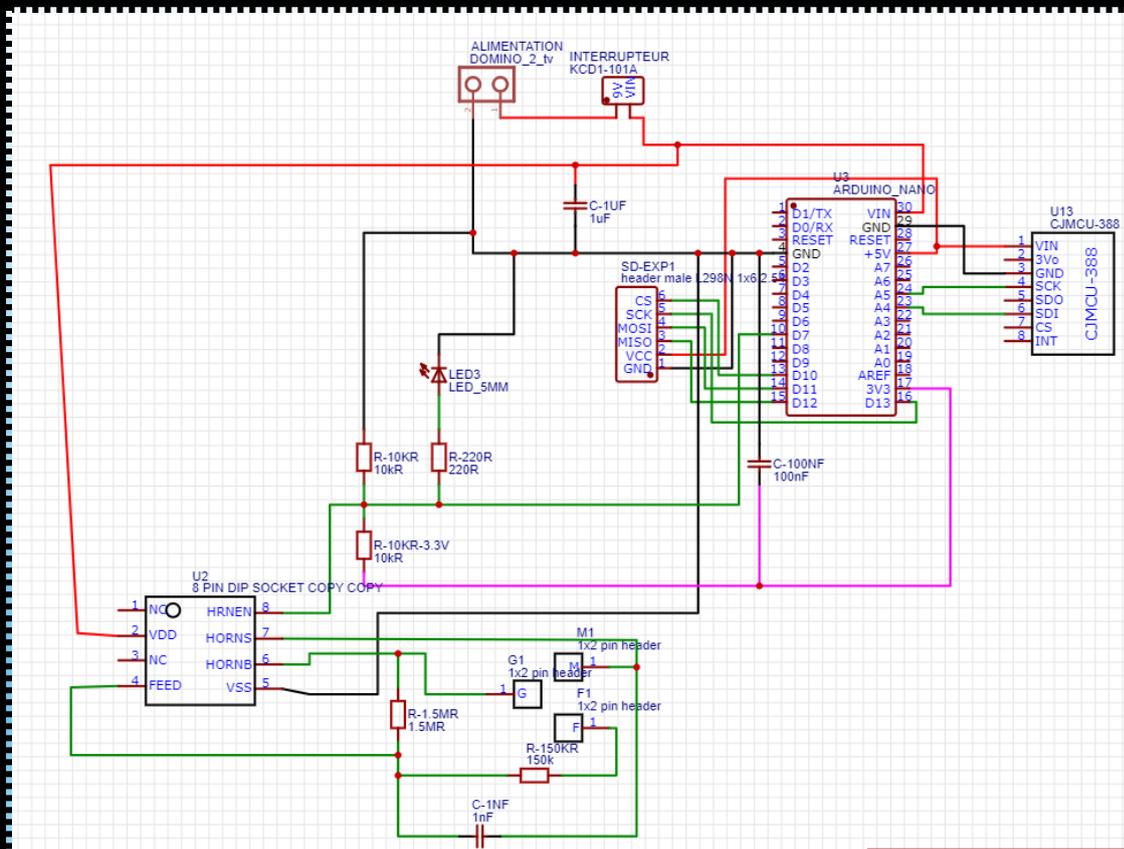


Le schéma a été créé sur EasyEDA.

La seule modification que nous avons créée sur le PCB était au niveau du transistor que nous avons remplacé par un composant emprunté, qui a nécessité la coupure d'une piste pour créer une route ultérieure avec des fils.

Sinon nous sommes restés fidèles au schéma.

- Voici le schéma du système secondaire ainsi que son code (Arduino) correspondant :



Comme pour le système primaire, le schéma a été fait sur EasyEDA, mais celui-ci n'a pas été altéré, nous l'avons utilisé tel qu'il est.

Le code du système secondaire d'Arès avait donc pour but de récupérer les données de l'altimètre et les stocker dans la carte SD prévue à cet effet.

Il fallait également avant tout, initialiser l'altitude lors de l'allumage du système secondaire, ce qui nécessiter plusieurs calculs de moyenne afin de minimiser les incertitudes.

Le code du système secondaire était également responsable de l'activation du buzzer puissant, uniquement à partir d'une certaine altitude, et avec un arrêt systématique après une quinzaine de minutes, pour ne pas gêner les autres participants.

Le code se décompose en plusieurs parties :

```
ECLIPSE_exp_Ares_V2  BARO  SD
1 //BARO functions
2
3 void initialError(){
4   float alt=0;
5   for (uint16_t i=0; i<initialNUM; i++){
6     alt=alti.readAltitude(pressionZero);
7     altError = altError + alt;
8   }
9   altError = altError/initialNUM;
10 }
11
12
13
14 void BAROmeasure() {
15   temperature = alti.temperature;
16   pressure = (alti.pressure / 100.0);
17   altitude = alti.readAltitude(pressionZero);
18 }
```

```
ECLIPSE_exp_Ares_V2  BARO  SD
1 //SD functions
2
3 void createSDdataFile(){
4   dataFile=SD.open(dataFileName, FILE_WRITE);
5   dataFile.write("time_(ms),pressure(hPa) noPr,temperature_(C) noPr,altitude_(m) noPr,altitudeCorr_(m) Pr\n");
6   dataFile.flush();
7 }
8
9 void printSdbuff(uint32_t flyTime, float pressure, float temperature, float altitude, float altCorr){
10  dataFile.print(flyTime);
11  dataFile.print(',');
12  dataFile.print(pressure);
13  dataFile.print(',');
14  dataFile.print(temperature);
15  dataFile.print(',');
16  dataFile.print(altitude);
17  dataFile.print(',');
18  dataFile.print(altCorr);
19  dataFile.print("\n");
20 }
```

```

1 /*
2 EXPERIENCE ARES
3 Accelero BMP388 -> mesure pression + altitude + temperature
4 Initialisation initiale altitude en rampe
5 Buzzer mesure effet doppler (activation si depassement de valeur seuil acceleration norme (5g))
6 */
7
8 #include <SPI.h>
9 #include <SD.h>
10 #include <Wire.h>
11 #include <Adafruit_BMP3XX.h>
12
13 //-----DEF VARIABLES-----
14
15 #define pressionZero (1013.25)
16 Adafruit_BMP3XX alti;
17
18 float pressure=0;
19 float temperature=0;
20 float altitude=0;
21 float altError=0;
22 float altCorr=0;
23 uint16_t initialNUM = 1000;
24
25 uint8_t count=0;
26 bool buzzTrigg=false;
27 bool flush1=true;
28 bool flush2=true;
29 bool flush3=true;
30 bool buzz=false;
31 uint32_t flyTime=0;
32 uint32_t triggTime=0;
33 //SD VARIABLES
34 File dataFile;
35
36 #define dataFileName "Data.csv"
37 #define maxCount 5
38 #define apogeeTime 7000//in ms / to flush at apogee
39 #define descentTime 14000//in ms / to flush before softly landing
40 #define gndTime 100000//in ms / to flush at ground
41 #define timeOUT 1000000 //in ms ~ / to stop the buzzer //
42 #define secureSdFlushPeriod 5000
43 uint32_t launchTime=0;
44 #define pinSD 10
45 #define buzzer 7
46
47 #define altThreshold 20 //activate buzzer when 20m passed
48
49 //-----
50 void setup() {
51   Serial.begin(115200);
52   Wire.begin();
53   SD.begin();
54   alti.begin_I2C();
55   pinMode(buzzer, OUTPUT);
56   digitalWrite(buzzer, HIGH);
57   delay(200);
58   digitalWrite(buzzer, LOW);
59   createSDdataFile();
60   initialError();
61   //buzzer blink
62   digitalWrite(7, HIGH);
63   delay(200);
64   digitalWrite(7, LOW);
65   delay(200);
66   digitalWrite(7, HIGH);
67   delay(200);
68   digitalWrite(7, LOW);
69   delay(200);
70   digitalWrite(7, HIGH);
71   delay(200);
72   digitalWrite(7, LOW);
73 }
74
75 void loop() {
76   flyTime=millis();
77   BAROMeasure();
78   altCorr=altitude-altError;
79   printSDBuff(flyTime, pressure, temperature, altitude, altCorr);
80
81   if (altCorr>=altThreshold){
82     count++;
83   }
84   else{
85     count=0;
86   }
87
88   if (count>=maxCount){
89     buzzTrigg=true;
90   }
91   if (buzzTrigg){
92     digitalWrite(buzzer, HIGH);
93     if (!buzz){
94       launchTime=millis();
95     }
96     buzz=true;
97
98     if (flush1 && (millis()-triggTime)>apogeeTime){
99       dataFile.flush();
100       flush1=false;//flushes one single time
101     }
102     if (flush2 && (millis()-triggTime)>descentTime){
103       dataFile.flush();
104       flush2=false;
105     }
106     if (flush3 && (millis()-triggTime)>gndTime){
107       dataFile.flush();
108       flush3=false;
109     }
110   }
111
112   if ((millis()-launchTime)>timeOUT){
113     digitalWrite(buzzer, LOW);
114   }
115 }
116
117 static uint32_t millisLastSave = 0;
118 if (millis() - millisLastSave > secureSdFlushPeriod){
119   dataFile.flush();
120   Serial.print("OK");
121   millisLastSave = millis();
122 }
123 }

```

4. Les erreurs et difficultés rencontrées avec l'électronique

Entre les difficultés rencontrées avec le code du système secondaire pour récupérer les données et initialiser l'altitude, et notre erreur par rapport à la tension aux bornes du servomoteur... l'électronique n'a pas été un développement linéaire.

Heureusement, nous étions bien encadrés lors du C'Space et avons pu remédier à tout cela.

(dédicace à Julien qui nous a aidé et prêté des convertisseurs de Tension jusqu'à trouver le bon !)

Finalement, le code a été réglé (merci Max), et le système primaire a pu retrouver son fonctionnement, mais cela n'a pas été sans nécessiter un changement de servo, qui a impacté la mécanique et forcé nos chefs de méca (Romain et Simon) à modifier la trappe et le bras du servomoteur.

V - Le C'SPACE 2024

Le C'SPACE est un rassemblement de passionnés d'aérospatiale, se déroulant au camp de GER à Tarbes pendant une semaine en été. Ce rassemblement permet le lancement sécurisé des fusées de chaque club (à condition que celles-ci soient qualifiées suivant les modalités du cahier des charges).

Tout d'abord, à notre arrivée nous avons été plongés dans un autre environnement sur la base militaire du 1^{er} RHP (1^{er} Régiment de Hussards Parachutistes de l'armée de terre). En effet, pour la moitié des membres du club entrer dans une base et partager la vie des militaires pendant une semaine était une première expérience. Après avoir échangé nos cartes d'identité à l'accueil contre des badges à n'absolument pas perdre, nous sommes allés poser nos affaires dans les dortoirs du bâtiment réservé aux participants mineurs (bâtiment Verdun).

Cependant, cet environnement assez spartiate permet réellement de se dédier uniquement à la finalisation de projets, en l'occurrence, nos deux fusées : ARÈS et NAÉROBI.

Ainsi, durant le C'Space, la grande majorité de notre temps a été consacrée à finaliser nos fusées en vue de pouvoir les qualifier. Grâce à un atelier bien équipé ouvert de 7 h à 0 h, une cafétéria de qualité et les dortoirs à proximité, nous avons pu travailler dans des conditions exceptionnelles. Et même si de telles journées peuvent paraître excessivement longues, nous ne nous rendons pas compte du temps qui passait et le travail était tout sauf fastidieux, car nous travaillions sur quelque chose qui nous tiens à cœur : nos fusées. Puis nous souhaitons les voir voler après tant d'efforts ! Ainsi une

journee type commençait vers 8 h et se finissait aux environs de 0 h/1 h (avec pour uniques pauses celles pour manger...).

Même si l'objectif est propre à chaque club, dans le but de qualifier sa fusée, l'espoir de la lancer et qu'elle fasse un vol nominal, chaque équipe s'entraide en se prêtant du matériel comme un fer à souder lorsqu'une équipe a un problème d'électronique ou en apportant des conseils lors de difficultés.

La présence de bénévoles tout aussi passionnés et de la « Debug Team » nous a aussi grandement dépannés. L'esprit d'équipe était au rendez-vous et c'était l'occasion de créer des liens entre passionnés et de garder des contacts pour les années futures (amitiés, études, carrière...). De plus, nous sommes très reconnaissants envers les clubs expérimentés qui ont l'expérience et les astuces utiles ayant déjà participé maintes fois au C'Space. En effet c'est aussi grâce à cette aide précieuse que les jeunes clubs comme ÉCLIPSE avancent et acquièrent une expérience qui fait la différence dans la réalisation de projets.

Cette cohésion s'est même faite ressentir lors des lancements des autres équipes. Ainsi, lorsqu'une équipe s'apprêtait à lancer sa fusée, nous nous installions tous ensemble autour d'un écran et regardions leur vol tout en partageant leur stress.

Après les résultats du vol, nominal ou balistique, les équipes se félicitaient si le vol avait été nominal ou venaient poser des questions et demander des conseils s'il avait été balistique.

L Le C'Space est également un excellent endroit pour apprendre de nouvelles compétences (en plus de celles acquises durant l'année) telles que la soudure de composants électroniques, la modélisation 3D, la mécanique... car il y a toujours quelqu'un qui peut enseigner ces savoirs.

C'est alors dans un environnement frénétique que nous travaillions sans relâche pour atteindre notre objectif : le lancement. En immersion dans le camp, avec toutes les infrastructures et l'aide disponible pour réussir, auprès de passionnés qui partagent le même objectif, nous avons réglé les ultimes problèmes (car nous l'avons compris : il y a toujours quelque chose qui cloche sur les projets en arrivant au C'Space... mais le but c'est de régler ça au plus vite et au mieux !) en vue des contrôles.

Le temps de la qualification représente une partie importante de la semaine car pour la plupart des fusées qui ont déjà réussi à se qualifier pour le C'Space, il reste encore à se qualifier pour le vol final qui est l'aboutissement de tant de travail. Ainsi, chaque équipe s'est donnée à fond pour régler les derniers problèmes avant d'aller aux contrôles. Mais même en ayant pensé que tout était réglé, les contrôleurs trouvaient encore et encore des couacs et certains détails n'étaient pas entièrement satisfaisants. Ainsi il n'était pas rare de voir des équipes revenir à l'atelier pour revoir certains aspects de la fusée et corriger des erreurs (ce fut le cas pour les deux fusées du club également...).

Vient alors le moment du lancer ! Tout d'abord pour se rendre sur la zone de lancement, nous avons eu le choix entre deux moyens de transport : les camions de l'armée qui sont peu confortables parce que l'on saute à la moindre bosse, mais très amusants, et les

voitures personnelles qui sont plus confortables. Arrivés, le stress commence à monter car le fruit d'une année de travail s'apprête à payer et à révéler sa fiabilité en quelques secondes.

Lors de la marche vers le pas de tir, nous réfléchissions à ce qui pourrait fonctionner et ne pas fonctionner correctement pendant le vol ; mais l'excitation et la tension était à leur comble. Nous avons déroulé calmement notre chronologie et préparé au mieux la fusée en vue de l'insertion du moteur, le décompte et enfin le lancement. Tout cela sous la supervision du coordinateur de vol en tente JUPITER (poste de contrôle) qui rythme les opérations et le décompte.

Vient alors le décompte final : 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, unité, mise à feu, décollage !

Puis silence. La fusée s'élève dans le ciel avec puissance. Et revient au sol après l'apogée. Tout cela sous le regard de l'équipe et du public.

la suite sur le vol dans la partie suivante du dossier qui lui est dédiée...

Une des dernières soirées du C'Space est marquée par l'arrivée de VIP qui font partie du domaine de l'aérospatiale comme des membres du CNES, des astrophysiciens... Nous avons eu la chance de pouvoir parler avec eux sur la zone de lancement en attendant notre tour.

C'est la dernière soirée avant notre départ... On commence à prendre l'habitude de l'atmosphère, du rythme et là on se rend compte que c'est déjà la fin. C'est un mélange de fierté d'avoir rempli l'objectif posé en début d'année et de mélancolie de déjà partir qui est partagé par tous les membres. Mais c'était également pour nous cette année un moment de tension particulière, en effet nous étions dans l'attente du lancement de notre deuxième fusée, parmi celles qui clôturaient le C'SPACE 2024, bien que qualifiée deux jours avant.

S'en est suivi un rapide rangement ainsi que les au revoir.

Et nous voilà partis !

En espérant se retrouver l'année prochaine

Dimanche : après être arrivés en fin d'après-midi et avoir récupéré nos « cartes » d'accès au camp, nous avons déchargé notre matériel et mis en place ce qui sera notre atelier pour les prochains cinq jours. Nous avons également établi la liste des choses que nous avons à faire pour terminer de préparer les fusées pour les contrôles.

Lundi : nous avons passé le lundi à préparer la fusée, à savoir faire les dernières retouches de coupe du tube, poncer les pièces, finir le code, souder les derniers éléments comme les boutons de commande et les leds, et peindre la fusée.

Mardi : dans la mise en place finale de la fusée, nous nous sommes retrouvés avec un problème majeur, le servomoteur que nous utilisions, capable d'une force de 15 kg par cm² était en fait en train de tirer beaucoup trop de courant via l'Arduino et ne pouvait pas être alimenté autrement dans notre circuit. Nous avons d'abord essayé différentes manières de différer l'alimentation puis nous avons demandé les conseils des bénévoles

qui nous ont donné un composant appelé BEC et qui devait nous permettre de régler les problèmes du servo. Cependant cela n'a pas marché et nous avons opté pour un changement de servo pour des petits SG90.

Mercredi : après avoir réglé le problème de consommation des servo, nous avons dû renforcer les bras des servomoteurs avec une lamelle d'aluminium ainsi qu'une vis et des rondelles de différentes tailles. Après avoir réglé ces problèmes, nous sommes allés aux contrôles et nous avons qualifié Naérobi et Arès respectivement à 17 h et 21 h.

Jeudi : nous avons pu faire voler Naérobi puis nous avons attendu tout le reste de la journée dans l'espoir de pouvoir faire décoller Arès mais ce ne fut pas le cas. Ainsi nous avons passé la soirée à analyser les restes de Naérobi et à trouver de meilleures piles pour Arès.

Vendredi : nous avons pu faire voler Arès en fin de matinée puis après l'avoir récupérée en bon état, nous sommes partis.

VI - Le vol

Nous avons pu lancer notre deuxième fusée, Arès, le vendredi à 11 h 30, étant une des dernières fusées à décoller de ce C'Space dû aux treize heures d'attente passées en tente club. Le temps était clair mais gris, le plafond de nuages étant cependant assez haut pour pouvoir voir clairement les minifusées.

Mais cela ne s'est pas passé sans accrocs : au début de la matinée, vers 9 h, nous avons été appelés à nous préparer en tente club, nous avons alors déroulé notre chronologie et mis en place les systèmes.

Puis en suivant les instructions de la tente Jupiter, nous avons pu aller installer Arès en rampe. Tout se déroulant bien, nous sommes revenus à la tente des pyrotechniciens pendant que ceux-ci installaient le moteur Pandora dans la fusée.

Contrairement à ce qui s'était passé pour Naérobi, nous avons complètement confiance en la mécanique d'Arès, étant la fusée pour laquelle le changement de servomoteur s'était le mieux déroulé.

Alors, nous avons enfilé des gilets de signalisation, et nous nous sommes dirigés vers le pas de tir en équipe.

Enfin nous voilà au « pupitre de lancement », zone à partir de laquelle nous allons assister de très près au décollage.

Les pyrotechniciens nous rejoignent, désactivent progressivement les sécurités d'allumage, on procède au décompte final et nous appuyons sur le bouton pour actionner la mise à feu : décollage !



Et là... rien... un nuage de fumée s'est élevé de la fusée. C'est alors le début de la procédure de long feu, tout le monde attend et des militaires arrivent avec un extincteur au cas où. On nous fait revenir dans la zone publique et après quelques minutes les pyrotechniciens s'approchent de la fusée et l'enlèvent de la rampe. Ils reviennent vers nous et l'un d'eux nous explique tristement qu'il a oublié de mettre la tuyère du moteur. Ainsi, celui-ci s'est simplement enfoncé dans la fusée dans laquelle il a brûlé.

Tout le monde est alors dépité, on essaie d'enlever le moteur coincé à l'intérieur de la fusée et on y arrive sans trop de mal. C'est alors que l'on se rend compte que grâce à la robustesse extrême de la fusée, il n'y a pas de casse. En effet, les pièces imprimées non pas en PLA mais en PLL, plus résistant à la chaleur ainsi que les ailerons en bois solides, tout cela collé à l'époxy a donné quelque chose de suffisamment solide pour résister à un moteur brûlant dans la fusée.

Ainsi l'espoir nous est revenu, nous avons fait quelques tests et la fusée était prête à redécoller. Mais coup du sort, la fin de la période de lancement approchait et il se mit à pleuvoir. Mais heureusement la pluie s'arrête vite. Les lancements reprennent et après 3 minifusées, c'est de nouveau notre tour. Nous redéroulons de nouveau toute notre chronologie et une nouvelle fois au pupitre de tir, nous appuyons sur le bouton. La fusée décolle, quelque peu couchée par un petit peu de vent, ce qui fera atteindre son apogée un peu plus bas.

La trappe du parachute s'ouvrira donc un peu après l'apogée mais celui-ci se déploiera sans accroc et la fusée atterrira doucement.

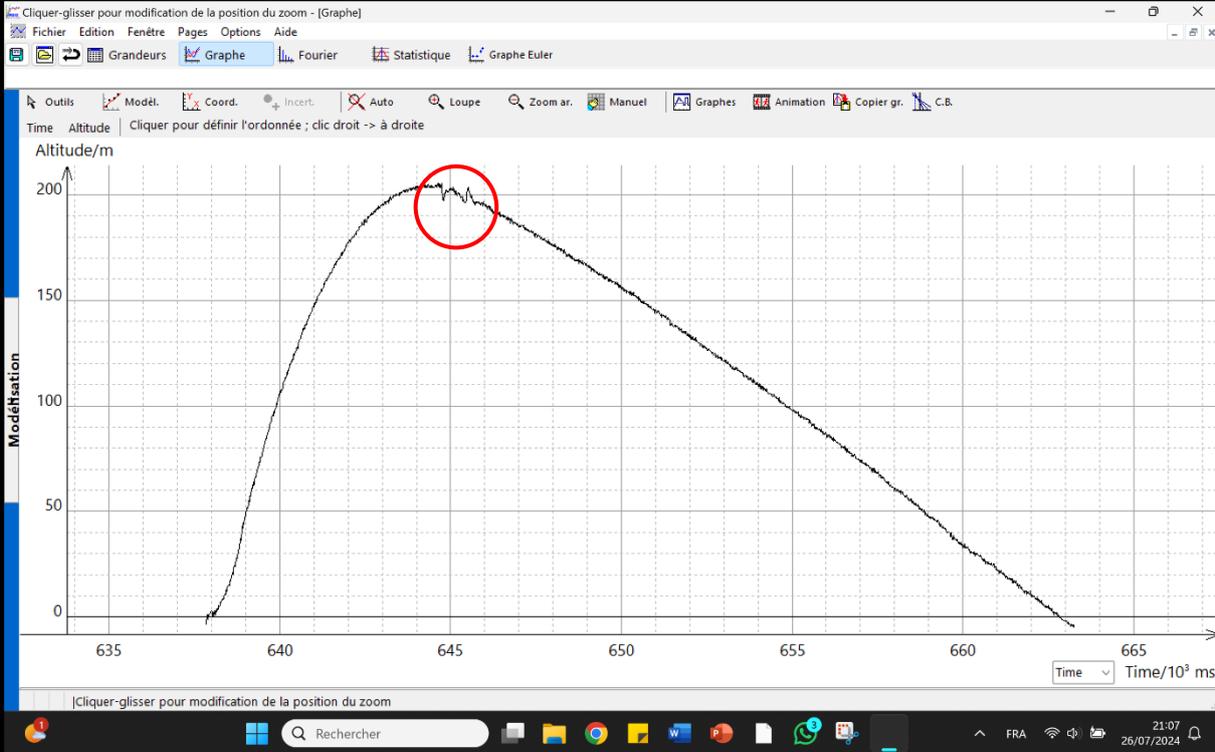
Nous la retrouverons intacte, à l'exception d'un petit bout du tube en PVC qui, selon nous, a sauté lors de l'atterrissage.

Ce fut donc le premier vol pleinement nominal de notre club, et nous espérons en voir de nombreux autres lui succéder.



VII - L'analyse des données & résultats

Altitude (m) en fonction du temps (s) :

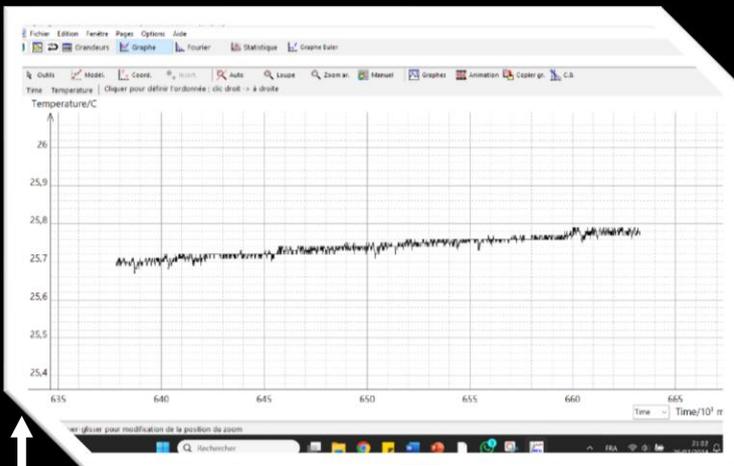


Ce graphique nous permet de visualiser l'évolution de l'altitude d'Arès au cours du temps.

Cela correspond bien au vol nominal de la minifusée.

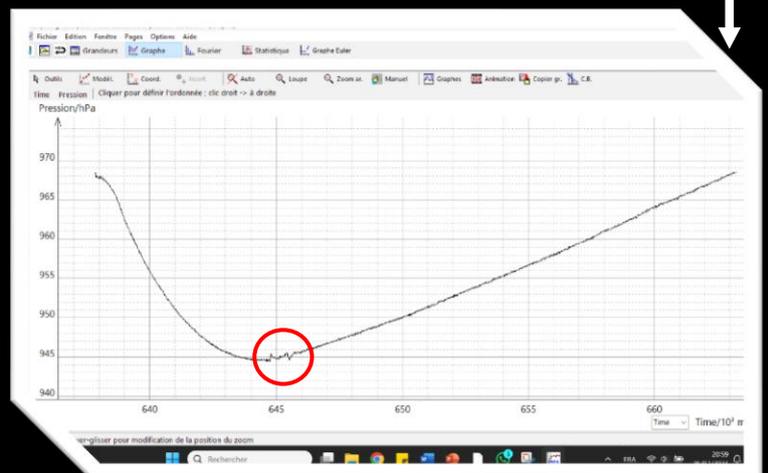
- On peut également noter le moment de l'ouverture du parachute à l'apogée, (secouant la fusée) qui s'est produite légèrement plus tard que prévu, mais reste acceptable.

Nous avons également récupéré les données de température et de pression analysées sur les graphes ci-dessous :



Température (°C) en fonction du temps

Pression (hPa) en fonction du temps (s)



Effet doppler :

La dernière expérience était celle de l'effet doppler produit par le buzzer à bord de la fusée.

Même si nous pouvons légèrement entendre cet effet, les données ne sont malheureusement pas exploitables à cause des forts vents impactant la qualité de l'enregistrement, ne pouvant pas être supprimés sans gâcher la précision des fréquences enregistrées, nécessaires pour une analyse fiable de l'effet Doppler.

VIII - Conclusion

En fin de compte, le club ÉCLIPSE a atteint son objectif !

En se rassemblant, nous avons su créer et mettre en place notre projet de minifusées au lycée. Ainsi c'est avec passion et persévérance que nous avons fait vivre ce projet tout au long de l'année jusqu'à son aboutissement lors du C'Space 2024.

Nous avons beaucoup appris, dans plein de domaines (CAO, mécanique, électronique, codage...) et cette expérience enrichissante sera utile pour tous les membres qui y ont participé !

Les retombées des deux vols (et des étapes pour leur préparation qui ont été partagées sur les réseaux sociaux et au sein du lycée) de cette année sont nombreuses sur le plan des acquis techniques pour les membres et de la communication avec l'extérieur. Nous espérons avoir pu susciter l'intérêt des jeunes pour ce type de projets scientifiques et nous recevons déjà des candidatures pour l'année qui arrive.

En effet, nous comptons bien maintenir les activités du club pour les années à venir avec une relève motivée !

Cela permet de continuer à partager cette précieuse expérience et de continuer à rassembler autour de projets scientifiques intéressants.

De plus cela amène à faire un premier pas dans le domaine spatial et à dialoguer avec des étudiants et acteurs de ce secteur.



IX – Remerciements

Pour finir ce rapport, nous souhaiterions remercier l'ensemble de personnes et entités qui ont permis l'ensemble des opérations du club ÉCLIPSE sur cette campagne de 2023-2024 :

MERCI à toute l'équipe d'ÉCLIPSE 2023/2024 : les 21 membres qui se sont impliqués sur la conception et la fabrication de nos deux minifusées.

MERCI également aux professeures encadrant M^{me} RAFFAELLI et M^{me} MOULIN pour leur aide et leur soutien sur l'année.

MERCI aux 4 membres (parmi les 21 membres du club) qui ont été au C'SPACE pour leur finalisation et lancement : Poppy Kerridge, Romain Pasturel, Simon Zorzi et Maximilien Boudet.

MERCI à M^{me} RAFFAELLI de nous avoir accompagnés dans cet événement.

MERCI à l'APEL du lycée la TRINITÉ d'avoir financé notre projet et d'avoir fait confiance à nos équipes cette année pour sa réalisation.

MERCI au CVL du lycée la TRINITÉ d'avoir soutenu notre projet cette année.